

מדידת טמפרטורה של כוכבים

האתגר

תצפית בכוכבים מגלה שלחלקם יש צבעים שונים רבים מהם נראים לבנים, אך יש גם כוכבים בעלי גוון אדמדם או לחילופין בעלי גוון כחלחל. מתברר כי השוני בצבעי הכוכבים הוא מפתח חשוב למדידת טמפרטורת הכוכבים.

משימת פתיחה:

לפניכם תמונה של קבוצת כוכבים המופיעה באתר נאס"א. בקבוצת כוכבים זה נראים הכוכבים בצבעים שונים.



מהם צבעי הכוכבים שבתמונה?

נסו לשער מה הגורם לשוני בצבעי הכוכבים שבתמונה.

השוו את התשובות שלכם עם חברי הקבוצה שלכם, ורשמו דעות שונות משלכם.



התבוננות בנורת להט

האור של נורת הלהט נובע מחימום של חוט הלהט. יתכן שהמורה בכיתה יבחר להדגים את השינוי בצבע חוט הלהט באמצעות נורת להט המחברת לעמעם (דימר). ניתן גם לבחון את הצילומים המופיעים באיורים משמאל.

באיור העליון זורם בנורה זרם חלש יחסית וצבעה אדמדם.

באיור התחתון זורם בנורה זרם חזק יחסית וצבעה לבן.

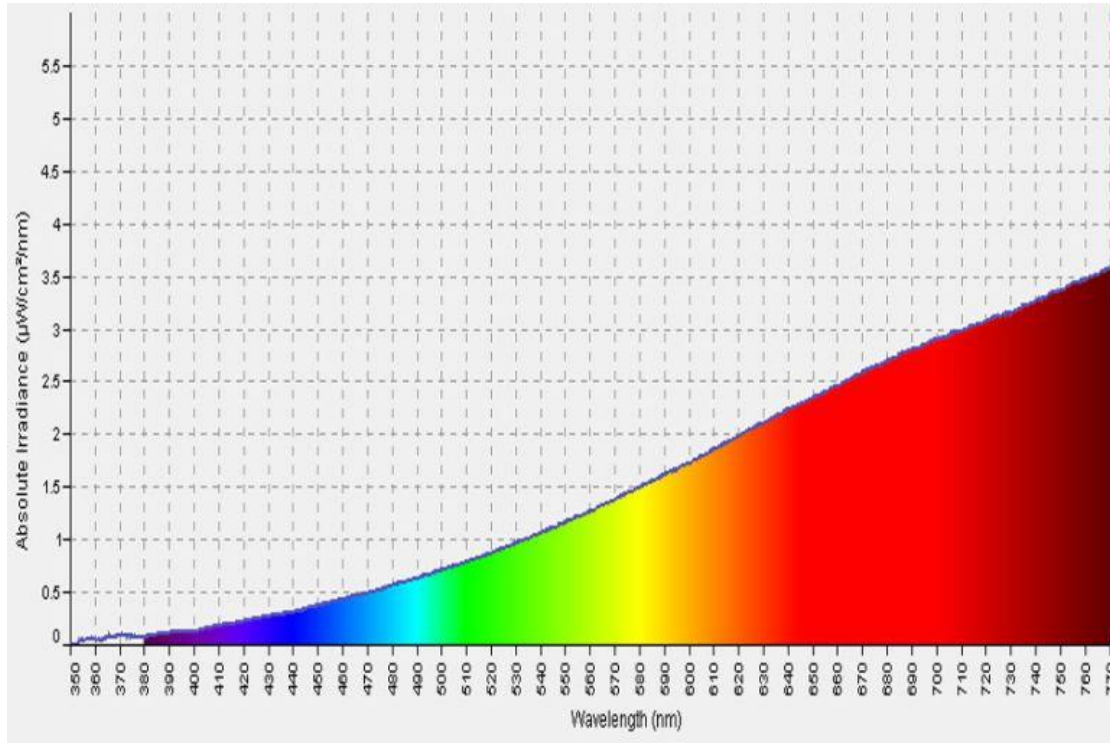
מה לדעתכם הסיבה לשינוי בצבע של אותו חוט להט בשני המקרים.

ספקטרום של נורת להט

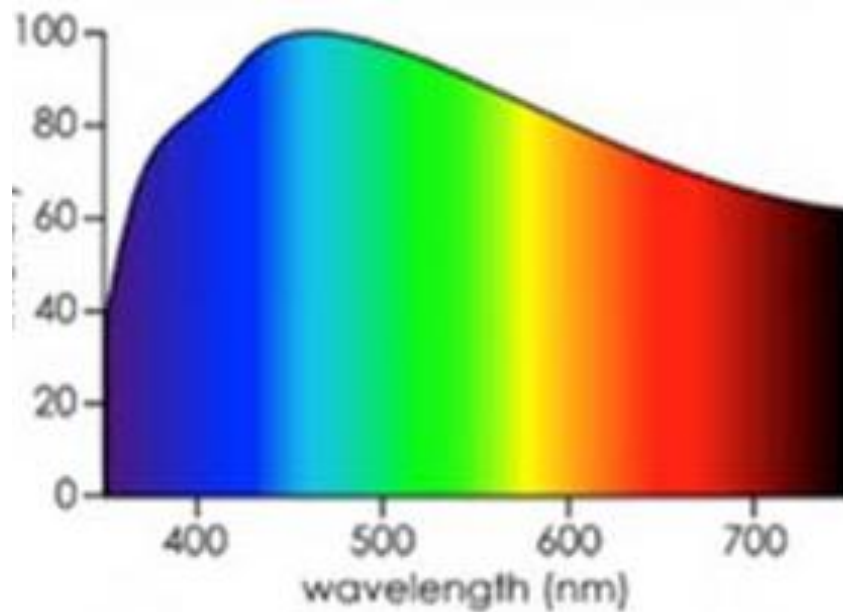
ניתן לפרק את אור השמש לצבעים תופעה מוכרת כאשר טיפות הגשם יוצרות את "קשת הצבעים" של אור השמש. תופעת הקשת בענן שבה צבעי אור השמש מופרדים מאפשרת לחקור את הרכב אור השמש - "הרכב הצבעים" של מקור אור נקרא - ספקטרום.



ננסה לבחון את הספקטרום של אור נורת הלהט, פעם שעובר דרכה זרם חלש ופעם שעובר דרכה זרם חזק.



ספקטרום של נורת להט כאשר עובר בה זרם חלש יחסית וצבע אדמדם. הציר האופקי מתאר את אורך הגל (הצבע) ביחידות של ננומטר, הציר האנכי מתאר את העוצמה היחסית של הצבע.

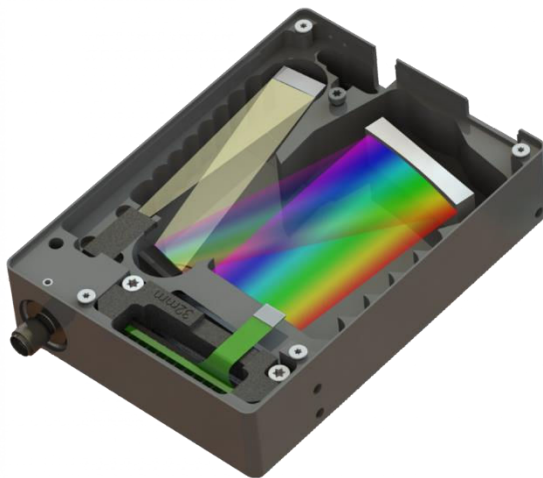


ספקטרום של נורת להט כאשר עובר בה זרם חזק יחסית וצבעה לבן. הציר האופקי מתאר את אורך הגל (הצבע) ביחידות של ננומטר, הציר האנכי מתאר את העוצמה היחסית של הצבע.

נסו לתאר את ההבדל בין הספקטרום של נורת להט בצבע אדמדם לזה של נורת להט בצבע לבן.

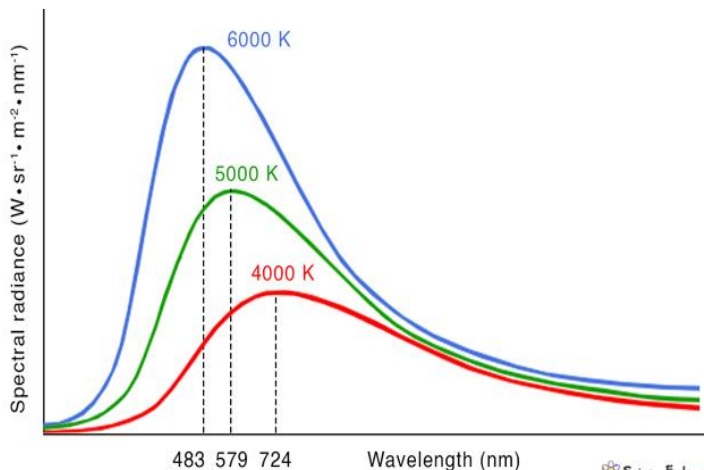
האם ניתן לדעתכם להעריך באמצעות הספקטרום את הטמפרטורה של חוט הלהט?

קרינת חום (גוף שחור)



באמצע המאה ה-19 בוצעו ניסיונות רבים למצוא את הקשר בין טמפרטורה של גופים צפופים לבין קרינת החום שהם פולטים. קרינה זו נקראת גם "קרינת גוף שחור", מסיבות שלא נפרט. אנו נקרא לה "קרינת חום". הניסיונות הללו בוצעו באמצעו מכשיר נקרא: ספקטרומטר לפניכם איור המתאר את המדידה באמצעות ספקטרומטר.

בצד התחתון של הספקטרומטר נכנס דרך העדשה אור ממקור האור (שאינו מופיע באיור), האור פוגע במראה (למעלה מימין) ונע לעבר סריג המפצל את האור לצבעים, מראה נוספת מפנה את האור אל חיישן המודד את עוצמת האור בכל אחד מאורכי הגל ומייצר גרפים דומים לאלה שפגשתם בספקטרום נורת הלהט.



כאשר מודדים קרינת חום של גופים חמים נוספים מתקבלים הגרפים המופיעים באיור משמאל. תארו באופן איכותי מה הדומה ומה השונה בשלושת הגרפים מיצגים גופים צפופים בעלי טמפרטורה של: 4000 K (אדום), 5000 K (ירוק), 6000 K (כחול).



גליליון
שותפות אזורית
לחינוך מדעי טכנולוגי



אורך הגל בעל העוצמה המקסימלית (λ_{max})

אחד המאפיינים של קרינת חום היא שבצבע מסוים (אורך גל) יש לקרינה עוצמה מקסימלית. בגרפים של האיור הקודם מופיעים אורכי הגל בעלי העוצמה המקסימלית. נוהגים לסמן אותם כ- λ_{max} אך צריך להיזהר – אין מדובר באורך הגל הגדול ביותר, אלא באורך הגל בעל העוצמה הגדולה ביותר.

נארגן את הנתונים בטבלה ונסה למצוא חוקיות

אורך גל מקסימלי λ_{max}	טמפ' (מעלות קלווין)
724	4000
579	5000
483	6000

נסו לנסח חוקיות מסוימת שעליה מצביעים נתונים אלה.

רמז: נסו לכפול את הטמפרטורה באורך הגל המקסימלי.

חוק ויין

לאחר מאות ניסיונות שבוצעו בגופים חמים בעלי טמפרטורות שונות הצליח החוקר הגרמני וילהלם ויין (Wien) בסוף המאה ה-19 לגלות את הקשר בין λ_{max} לבין טמפרטורת הגוף במעלות קלווין.

$$T(K) = \frac{2.9 \cdot 10^{-3} (m \cdot K)}{\lambda_{max}(m)} \quad \text{חוק ויין}$$

בדקו האם התוצאות של המדידות המופיעות בטבלה מתאימות לחוק ויין.

החוק הזה נוסח עבור כל הגופים הצפופים במגוון רחב של טמפרטורות, החל מאפס מעלות קלווין ועד לטמפרטורות של עשרות אלפי מעלות קלווין.

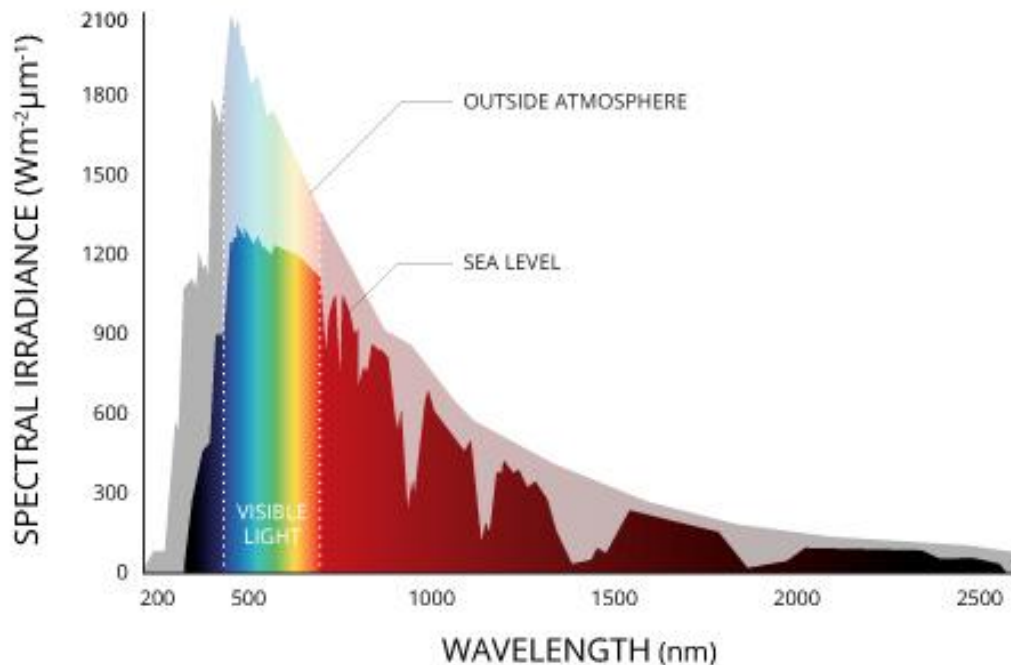
אם חום הגוף שלכם הוא בקרוב 310 K מהו ה- λ_{max} של גופכם?

התוכלו להסביר מדוע לא רואים אנשים בלילה שחור, למרות שהם פולטים קרינת חום?

מהארץ אל השמים

מפתיע ככל שהדבר ישמע, מתברר כי חוק ווין נכון לא רק לגבי גופים חמים על פני כדור הארץ, אלא גם לגופים חמים הנמצאים מחוץ לכדור הארץ בחלל החיצון. אם כך, יש בידינו כלי המאפשר מדידת טמפרטורה של כוכבים.

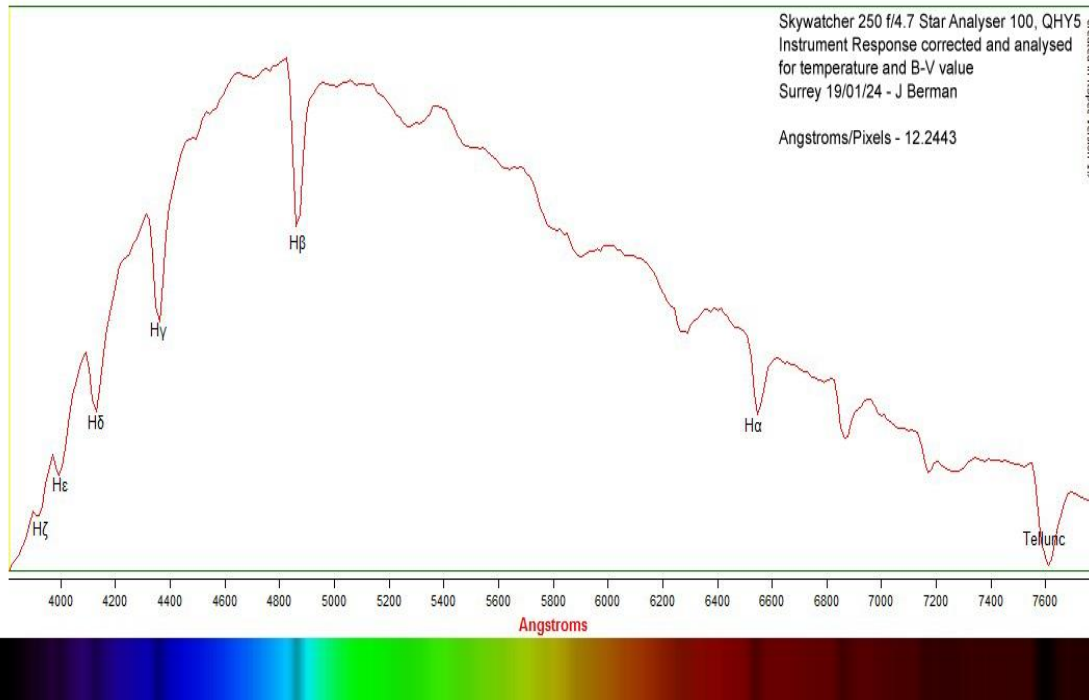
נמדוד תחילה את הטמפרטורה של כוכב הבית – השמש. לפניכם ספקטרום קרינת החום של השמש מחוץ לאטמוספירה וסמוך לפני הקרקע של כדור הארץ. כפי שניתן לראות לאטמוספירה השפעה רבה על הרכב קרינת השמש המגיע אל פני כדור הארץ. לכן נתמקד בספקטרום השמש מחוץ לאטמוספירה.



לפניכם גרף המתאר את ספקטרום קרינת השמש, אנו נתמקד בקרינה שמחוץ לאטמוספירה. עליכם לקבוע את טמפרטורת השמש באמצעות חוק ווין.

מידת הטמפרטורה של סריוס

במהלך השנים מדדו טמפרטורות של מיליוני כוכבים בעזרת חוק ווין ובעזרת שיטות אחרות. נמדוד כעת את הטמפרטורה של הכוכב הבהיר יותר בשמי החצי הצפוני של כדור הארץ. התבוננו בספקטרום של סריוס קבעו את הטמפרטורה של פניו.



בצעו את החישוב ורשמו את הטמפרטורה שקבלתם. השוו את הטמפרטורה שקבלתם לזו של השמש.

סיכום

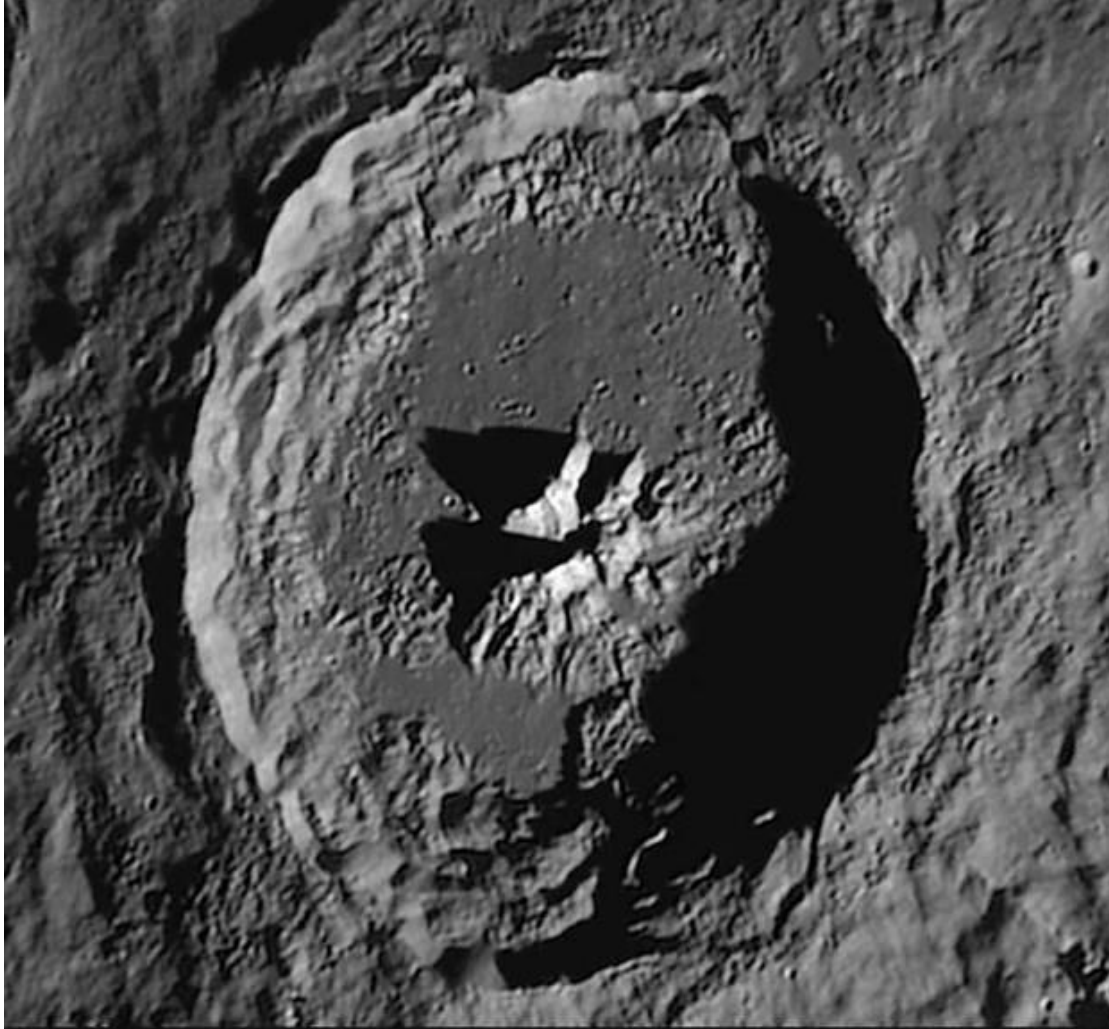
חיזרו את משימת הפתיחה התבוננו בתצלום הכוכבים והסבירו כעת את הסיבה לשוני בין צבעי- הכוכבים. ציינו מיהם הכוכבים החמים ביותר בתצלום ומיהם הכוכבים הקרים ביותר בתצלום. מהן מסקנותיכם:





מדידת עומק מכתש

כדי למדוד את עומק המכתש נעזר בצילום מספר 3



צילום 3 – בצילום זה ניתן לראות בבירור את קירות מכתש תאיופילוס ואת הבליטה במרכז המכתש.

Credit: Alessandro Bianconi

הצילום בוצע ב- 18.9.2011 בשעה 03:48 UT

צעד ראשון – מדידת קוטר המכתש

הגדילו את הצילום ככל האפשר (מדוע?) ואז בצעו מדידה של קוטר המכתש באמצעות סרגל כמתואר בתצלום 4.



צילום 4 – מדידת קוטר המכתש באמצעות סרגל.
במקרה המתואר בתצלום הקוטר הנמדד הוא 11.5 ס"מ

צעד שני - מדידת הצל שמטילים הקירות

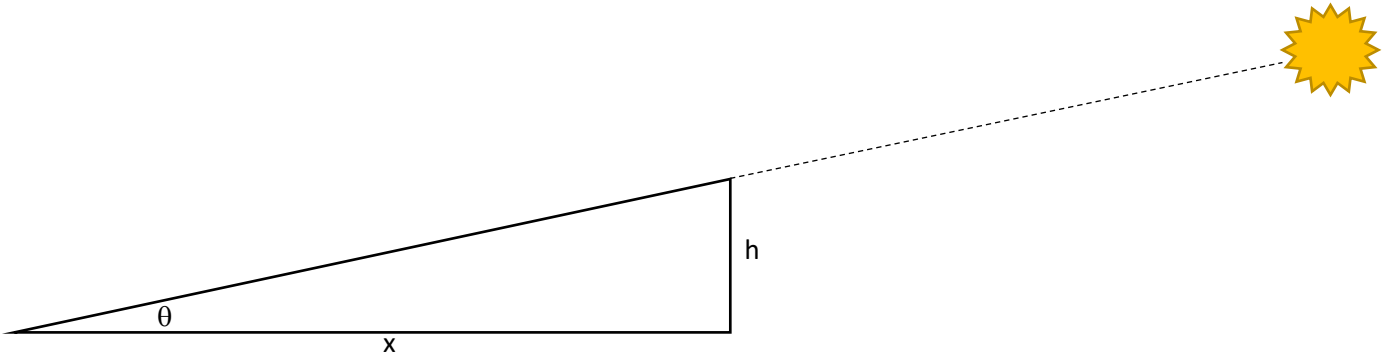
בצעו מדידה של גודל הצל שמטילים הקירות _____ ס"מ.
ידוע שקוטר המכתש הוא 110 ק"מ. מהו גודל הצל שמטילים הקירות?

צעד שלישי - מדידת הצל של הבליטה המרכזית

בצעו מדידה של גודל הצל שמטילה הבליטה המרכזית של המכתש _____ ס"מ.
ידוע שקוטר המכתש הוא 110 ק"מ.
מהו גודל הצל שמטילה הבליטה המרכזית בק"מ?

צעד רביעי - זווית השמש וגובה המכתש

בהתאם לתאריך והשעה שבהם בוצע צילום נתון שזווית השמש בזמן הצילום הייתה $\theta = 4.3^\circ$ מעל לאופק.



נסמן את גודל הצל בק"מ באמצעות x ואת גובה המכתש ב- h . מתוך היחס הטריגונומטרי נקבל:

$$\tan(\theta) = \frac{h}{x} \rightarrow h = x \cdot \tan(4.3^\circ) = \underline{\hspace{10em}}$$

באמצעות יחס זה חשבו את גובה קירות המכתש באזור שבו מופיע הצל.

בדרך דומה חשבו את גובה הבליטה המרכזית במכתש תיאופילוס

בדיקה מול נתוני אמת

חפשו ברשת נתונים לגבי מכתש תיאופילוס (Theophilus) והשוו את הנתונים שמופיעים ברשת ביחס למדידות שביצעתם.

נסו להעריך מהו המקור להבדלים בין המדידות שאתם ביצעתם לבין אלה המופיעים ברשת.